

La importancia del Lupino en el mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad del suelo

VALDERRAMA ROMERO, Antonio Salomón;
VALENCIA SALLO, Carolina Jennifer; VILLALBA
QUISPE Hilda
Facultad de Agronomía y Zootecnia
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Cusco, Perú
jucusbamba@yahoo.com

ABRIL PORRAS, Víctor Hugo
Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Sangolquí, Ecuador
vhabil@ute.edu.ec

Resumen—Los materiales residuales que quedan en los campos después de la cosecha, son la fuente principal de acumulación de sustancias nutritivas en el suelo. En ese sentido, el lupino (*Lupinus sp.*), chocho o tarwi, es conocido como un cultivo que mejora las cualidades nutritivas de la capa arable del suelo, por su característica de movilizar el fósforo y otros elementos fijados en la tierra, gracias a un complejo sistema de exudados de ácido cítrico presente en su raíz, y por su capacidad de fijar el nitrógeno del aire en el suelo. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia de la densidad de siembra de lupino (*Lupinus angustifolius L.*) en el rendimiento y la mejora de la fertilidad del suelo. Así, el rendimiento en materia seca dependió de la densidad de siembra, tanto en rendimiento por plantas como por cultivo. La presencia de nutrientes minerales (nitrógeno, fósforo y potasio - NPK) en los residuos estuvo correlacionada con la acumulación y rendimiento en materia seca de lupino. Los resultados dieron una máxima devolución, junto con los residuos vegetales postcosecha de 87.3 kg/ha de N, 20.3 kg/ha de P₂O₅ y 40.2 kg/ha de K₂O con una densidad de siembra de 75 plantas/m².

Palabras clave — *Lupino; densidad de siembra; fertilidad del suelo*

Abstract—Residual materials remaining in the fields after harvest are the main source of accumulation of nutrients in the soil. In that sense, lupin (*Lupinus sp.*), chocho, or tarwi, is known as a crop that improves the nutritional qualities of topsoil due to its characteristic of mobilizing phosphorus and other elements fixed on the ground, thanks to a complex system of citric acid exudates present in its root, and its ability to fix nitrogen from the air into the soil. This work aimed at studying the influence of the sowing density of lupin (*Lupinus angustifolius L.*) in the yield and improvement of soil fertility. Thus, the dry matter yield depended on the sowing density, both in yield per plant and per crop. The presence of mineral nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium - NPK) in the field residues was correlated with the accumulation and dry matter yield of lupin. The results gave a maximum return, along with vegetable postharvest residues of

87.3 kg/ha of N, 20.3 kg/ha P₂O₅ and 40.2 kg/ha of K₂O with a sowing density of 75 plants / m².

Key words — *Lupin, sowing density, soil fertility*

I. INTRODUCCIÓN

Los materiales residuales y los restos de las raíces son las principales fuentes de acumulación de sustancias orgánicas en el suelo, sobre todo cuando se trata de suelos pobres en nutrientes minerales. Se ha establecido que la medida de ingreso de los materiales residuos y su composición química depende de las particularidades biológicas del cultivo, su rotación, productividad, métodos agrotécnicos utilizados, condiciones climáticas y empleo de abono [1, 2]. Para el funcionamiento normal del suelo arable, el ingreso medio anual de residuos postcosecha y abonos orgánicos (materia seca) debe ser de 6 a 8 t/ha [3, 4]. Las investigaciones realizadas en Bielorrusia mostraron que dependiendo del uso de lupino (grano o forraje), la cantidad de residuos postcosecha (raíces + rastrojos) fue de 4.24 y 3.53 t/ha. El laboreo de los residuos postcosecha de lupino forrajero, por la propiedad del suelo de descomponer la celulosa, es más alta que el laboreo de rastrojo de los cereales en un 18.3% [5].

Dependiendo de la temperatura y la humedad durante el periodo vegetativo, el lupino acumula en la capa del suelo (0-150 cm) de 3 a 8.7 t/ha de materia aérea-seca de raíces [6]. Los residuos de las raíces de lupino se caracterizan por tener un alto contenido de nitrógeno y bajo de fósforo y potasio. En años favorables, la materia aérea-seca de raíces de lupino (plantas individuales) estuvo en los límites de 12 a 22 g/planta, en años desfavorables bajo hasta 2.6 y 4 g/planta. Estudios realizados en suelos de Bielorrusia, mostraron que la siembra de lupino para grano favorece una acumulación en el suelo de 1.81 a 2.38 t/ha de masa seca absoluta de residuos (rastrojos y raíces) [7].

Investigaciones señalan que la acumulación de residuos radiales de lupino forrajero tuvo un promedio de 1.61 t/ha en

un lapso de tres años, también se mostró una variación significativa de este índice en los años de investigación [8]. Por otra parte se muestra que no solamente las condiciones climáticas del periodo vegetativo influyen, sino también la densidad de siembra influye en la acumulación de los nutrientes minerales en los residuos postcosecha de lupino [9].

Por lo general la velocidad de descomposición de los residuos es mayor posterior a la cosecha, sobre todo cuando hay humedad en el suelo y hay precipitaciones, las cuales lavan parte de los compuestos solubles en agua, carbohidratos, sales minerales y otras sustancias. En la medida que los microorganismos asimilan de los residuos postcosecha, los compuestos relativamente fáciles de asimilar (carbohidratos solubles, almidón, aminoácidos, proteínas), la velocidad de mineralización disminuye bruscamente. En los residuos vegetales no descompuestos empiezan a prevalecer lignina y celulosa, que son difíciles de descomponer para los microorganismos [10, 11].

La diferencia en la velocidad de descomposición está relacionada con las propiedades químicas y físicas de los residuos. En particular, es importante la relación entre el carbono y el nitrógeno (C:N). Investigaciones en los Estados Unidos de Norteamérica señalan que si la relación entre el C:N es de 30:1 y menos, entonces la descomposición sucede en forma rápida; en una relación más elevada (de 85:1 y hasta 110:1) la velocidad de descomposición de los residuos postcosecha disminuye [12, 13]. La diferencia en la velocidad de descomposición de los residuos postcosecha también depende de la actividad biológica del suelo y la presencia en los residuos de formas asequibles de nutrientes para los microorganismos [14].

El lupino tiene la capacidad de movilizar fósforo y otros elementos fijados en el suelo, gracias a un sistema de exudados de ácido cítrico en su raíz. La capacidad del lupino de movilizar del suelo elementos de difícil solubilidad como los fosfatos y también una efectiva fijación de nitrógeno en el suelo que alcanza valores de 50 a 200 kg/ha influye positivamente en la estructura y fertilidad del suelo, sobre todo en la rotación de cultivos donde se encuentran la papa (*Solanum tuberosum*) y los cereales [15].

Datos bibliográficos permiten establecer que el lupino aumenta la fertilidad del suelo. Con un rendimiento de grano de 2.5 a 3.5 t/ha, debido a la fijación de nitrógeno se acumula de 100 a 250 kg/ha de este elemento, y también ingresan al suelo con los residuos postcosecha (raíces y rastrojos) de 3 a 8 toneladas de materia orgánica, las cuales contienen hasta 30 kg de óxido fosfórico y hasta 50 kg de óxido de potasio.

El objetivo del presente trabajo fue el estudiar la influencia de la densidad de siembra de lupino (*Lupinus angustifolius L.*) en el rendimiento y la mejora de la fertilidad del suelo. El objetivo implicó las siguientes indagaciones: establecimiento de la influencia de la densidad de siembra en el rendimiento de materia fresca y seca de plantas individuales de lupino; establecimiento de la influencia de la densidad de siembra en el rendimiento de materia fresca y seca de cultivo de lupino; y, determinación del contenido y acumulación de nutrientes minerales (NPK) en los residuos postcosecha de lupino.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En calidad de objeto de investigación se utilizó el cultivar de lupino Danko, perteneciente a la especie de lupino de hoja angosta (*Lupinus angustifolius L.*). Fue obtenido en el Instituto Científico de Investigaciones Agrícolas de Bielorrusia (BielNIIZ). La altura de la planta está comprendida entre 60 y 80 cm. Tiene hojas con hojitas alargadas y ovaladas. El color de sus flores es blanco o rosado. Las semillas son blancas redondas y aplanadas al costado, la masa (peso) de 1000 semillas es de 130–150 gramos. El contenido de proteína en los granos es de 37 a 40%, lípidos de 4 a 7% y carbohidratos de 30 a 40%. En el forraje de este cultivar se encuentran azúcares en un promedio de 14 a 22%, y proteínas en un 3% en la biomasa o 17–21% de proteínas en la materia seca. El periodo vegetativo es de 105 a 110 días [16].

El área total de las parcelas utilizada fue de 60 m², el área de estudio comprendía fue de 15 m². La distancia aplicada entre surcos fue de 15 cm. La agrotécnica empleada fue la que comúnmente se usa en la zona. Se estudiaron las densidades de siembra de 50, 75 y 100 plantas/m². La siembra se realizó a chorrillo, con semillas de primera clase según el estándar ruso GOST-11227-81. La semilla se preparó de acuerdo con las recomendaciones estatales rusas GOST-23914-79. El experimento de campo se llevó a cabo en suelos de tipo podzol arcilloso leve de la región de Smolensk en Rusia. El diseño experimental fue un ensayo factorial simple con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento completamente al azar.

La acumulación de residuos de raíces se identificó hasta la profundidad de 30 cm por el método de monolitos [17]. La acumulación de materia seca se determinó por el método de secamiento de muestras vegetales a 105°C, hasta llegar a una masa constante [18]. Los elementos nutricionales (NPK) en granos y residuos vegetales postcosecha, se determinaron con la ayuda del fotómetro de absorción atómica. Se determinó el nitrógeno (de fácil hidrolización), por el método de Kornfeld, el fósforo y el potasio por el método de Kirsanov [19]. Los resultados se analizaron por el método de análisis de varianza (ANOVA).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Influencia de la densidad de siembra en el rendimiento de materia fresca y seca de plantas individuales de lupino

La tabla 1 refleja los resultados de la densidad de siembra de las plantas y su influencia en la dinámica de la acumulación de la materia fresca y seca por plantas individuales (se calculó la acumulación por planta) de lupino de hoja angosta.

La dinámica de acumulación de materia fresca de plantas individuales de lupino muestra una curva, con un punto máximo en la fase de formación completa del grano y gradualmente baja este índice hasta la fase de maduración total (poco antes de la cosecha). En las etapas tempranas de la organogénesis (hasta la formación de tallos), no se observó una

diferencia significativa de este índice entre las variantes. Por el aumento de la densidad de siembra de 50 a 100 plantas/m², se observó una disminución de la materia fresca de plantas individuales. Las plantas en la fase de formación de vainas (floración–formación de vainas) mostraron que con el aumento de la densidad de siembra hasta 75 plantas/m², la materia fresca de plantas individuales disminuye 2.3% y con la densidad de siembra de 100 plantas/m² baja en 20.1% con respecto a la variante testigo (50 plantas/m²).

TABLA 1. AUMENTO DE MATERIA FRESCA Y SECA DE LUPINO EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD DE SIEMBRA, GRAMOS/PLANTA

Variante	Densidad de siembra, plantas/m ²	Fases de desarrollo ^a				
		Formación de brotes y tallos	Formación de brotes	Floración - formación de vainas	Formación de grano	Maduración
Testigo	50	1.49	6.56	35.61	85.39	42.85
		0.24	1.06	5.71	13.92	13.04
1	75	1.25	6.42	34.80	77.83	39.16
		0.23	1.04	5.58	12.68	12.17
2	100	1.24	6.17	28.45	69.42	38.11
		0.21	1.00	4.56	10.32	10.04

^a El numerador – materia fresca, el denominador - materia seca

La dinámica de acumulación de materia seca en plantas individuales de lupino muestra que en las primeras etapas de la organogénesis, no existen diferencias significativas. En la fase de floración–formación de vainas y hasta el final del periodo vegetativo se registraron diferencias sustantivas, la materia seca por planta disminuyó con el aumento de la densidad de siembra. Sin embargo, esta disminución no fue del todo pareja. Las plantas en la fase de maduración mostraron que con el incremento de la densidad de siembra hasta 75 plantas/m² la materia seca se redujo en 6.7%, con la densidad de siembra de 100 plantas/m², la materia seca bajó 23.0% en relación con el testigo.

B. Influencia de la densidad de siembra en el rendimiento de materia fresca y seca de cultivo de lupino

El análisis de la tabla 2 permite sugerir que la dinámica de acumulación de materia fresca y seca en los sembríos de lupino dependió de la densidad de siembra de las plantas. Esta dependencia se muestra por medio de una curva que tiene una máxima acumulación de materia seca en la fase de formación del grano, y una baja muy pequeña en la fase de maduración completa del cultivo, esta baja estuvo relacionada con la caída de las hojas secas. Con el incremento de la densidad de siembra, las plantas en la fase de maduración mostraron un aumento en la cantidad de materia fresca acumulada en el cultivo de 37.2% para la variante con 75 plantas/m², y con la densidad de siembra de 100 plantas/m² un incremento de 66.4% con respecto a la variante testigo.

TABLA 2. ACUMULACIÓN DE MATERIA FRESCA Y SECA EN LOS SEMBRÍOS DE LUPINO EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD DE SIEMBRA, T/HA

Variante	Densidad de siembra, plantas/m ²	Fases de desarrollo ^a				
		Formación de brotes y tallos	Formación de brotes	Floración - formación de vainas	Formación de grano	Maduración
Testigo	50	0.75	3.29	17.80	42.69	21.41
		0.12	0.53	2.85	6.99	6.52
1	75	0.94	4.82	26.10	57.10	29.37
		0.15	0.78	4.19	9.25	8.93
2	100	1.24	6.17	28.45	65.32	35.63
		0.21	1.00	4.56	9.71	9.34

^a El numerador – rendimiento de materia fresca, el denominador – rendimiento de materia seca

La influencia de la densidad de siembra de las plantas en la dinámica de acumulación de materia seca se expresa de manera precisa y es significativa a partir de la fase de floración. Con el aumento de la densidad de siembra de 50 a 100 plantas/m², el rendimiento en materia seca aumenta en todas las variantes del experimento. Con el incremento de la densidad de siembra hasta 75 plantas/m² la materia seca aumentó en 36.9%, con la densidad de siembra de 100 plantas/m², la materia seca tuvo un incremento de 43.3% en relación con el testigo.

C. Contenido y acumulación de nutrientes minerales en los residuos postcosecha de lupino

El lupino como cultivo leguminoso tiene un papel importante en la conservación y mejora de la fertilidad del suelo. Su valor como precedente en la rotación de cultivos agrícolas consiste en aumentar en el suelo arable las reservas de los principales nutrientes minerales y materia orgánica, los residuos vegetales ingresan al suelo con una relación estrecha entre C:N. En la siembra de lupino de hoja angosta con el aumento de la densidad de siembra, aumenta el rendimiento de materia seca de los residuos postcosecha de 4.20 a 4.74 t/ha (ver tabla 3).

TABLA 3. INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CONTENIDO Y ACUMULACIÓN DE NUTRIENTES MINERALES EN LOS RESIDUOS POSTCOSECHA DE LUPINO

Variante	Densidad de siembra, plantas/m ²	Rendimiento de materia seca de los residuos vegetales, t/ha	Contenido de nutrientes minerales en la materia seca absoluta, %			Acumulación de nutrientes minerales en el suelo con los residuos, kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Testigo	50	4.20	1.96	0.42	0.86	82.3	17.6	36.1
1	75	4.62	1.89	0.44	0.87	87.3	20.3	40.2
2	100	4.74	1.81	0.40	0.72	85.8	18.9	34.1

De acuerdo con los resultados, se obtuvo un contenido relativamente alto de nitrógeno. El aumento en la densidad de siembra no tuvo influencia en el contenido de nitrógeno. El contenido de fósforo en los residuos postcosecha de lupino no tuvo diferencia significativa en las variantes del experimento respecto a la densidad de siembra. En promedio se obtuvo un contenido de P_2O_5 de 0.42%. El contenido de potasio en los residuos vegetales de lupino dependió de la densidad de siembra, se observó una tendencia hacia la disminución del contenido en los residuos de este importante elemento con el aumento de la densidad de siembra.

La cantidad total de sustancias nutritivas que ingresaron al suelo con los residuos postcosecha de lupino presenta una correlación estrecha con el rendimiento de materia seca de las variantes del experimento. La mayor cantidad de nutrientes minerales que ingresaron al suelo con los residuos postcosecha corresponde a la variante con densidad de siembra de 75 plantas/m², y fue de 87.3 kg/ha de N, 20.3 kg/ha de P_2O_5 y 40.2 kg/ha de K_2O .

Influencia de la densidad de siembra en el rendimiento de materia fresca y seca de cultivo de lupino

CONCLUSIONES

La densidad de siembra de lupino influye significativamente en el rendimiento de materia seca de los residuos vegetales postcosecha, tanto en la acumulación de materia seca por planta, como por cultivo. Con el aumento de la densidad de siembra de 50 a 100 plantas/m², el rendimiento de materia seca se incrementa en 4 de 5 fases de desarrollo de las plantas; en tanto que el incremento de materia fresca tiene una tendencia Gaussiana.

La cantidad total de sustancias nutritivas que se acumulan en el suelo con los residuos vegetales postcosecha de lupino presenta una relación inversamente proporcional con la cantidad de plantas sembradas; es decir a medida que la densidad de siembra aumenta de 75 a 100 plantas/m², la acumulación de nutrientes minerales (NPK) en el suelo se reduce tanto en materia seca absoluta, como en kg/ha.

El cultivo de lupino en siembra a chorrillo con distancia entre surcos de 15 cm, y una densidad de siembra de 75 plantas/m², abastece un retorno al suelo junto con los residuos vegetales postcosecha de 87.3 kg/ha de nitrógeno; 20.3 kg/ha de fósforo y 40.2 kg/ha de potasio.

AGRADECIMIENTOS

Especiales agradecimientos a los profesionales David Andrade Aguirre, asesor editorial por la corrección de estilo; y, a la profesora Mónica Tamayo, licenciada en lingüística de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Ecuador) quien realizó la traducción técnica del resumen del presente documento.

También a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos (Moscú - Rusia) por los conocimientos y facilidades proporcionadas a los autores Valderrama y Abril quienes realizaron su formación académica en esa institución de educación superior.

REFERENCIAS

- [1] Stulin, A. F. 1981. Acumulación de residuos de raíces y rastrojos en el suelo y su contenido de sustancias nutritivas. *Agroquímica*, Moscú, Rusia, 8: 70-74.
- [2] Sidorov, M. I. 1987. Bases científicas de la producción intensiva actual de cultivos. En: *Bases agroquímicas de la especialización de los cultivos*. Moscú, Rusia. pp. 17-22.
- [3] Ganzhara, N. F. 1986. Balance en el humus del suelo y vías de su regulación. *Agricultura*, 10: 7-9.
- [4] Gooque M. G. y Khamudulin, M. J. 1989. Residuos vegetales en el suelo de diferentes cultivos bajo rotación de cultivos. *Intensificación de la agricultura en Bashquiria, BNIIZis, Ufa, Rusia*, pp. 23-28.
- [5] Shugar, A. G. 1977. Acopio de los residuos de raíces en el suelo de diversas variedades de lupino. *Zhodino, Rusia*, 1: 20-22.
- [6] Dukhanin, A. A. 1969. La raíz del lupino amarillo forrajero. En: *Aumento de la eficiencia de los suelos arenosos*. VIUA, Briansk, Rusia, 3: 189-209.
- [7] Mayor A. G. y Markievich K. V. 1989. Acumulación de residuos de raíces y rastrojos de cultivos en suelos podzoles arenosos. En: *agricultura y fitotecnia en Bielorusia*. Urozhay, Moscú, Rusia, 33: 35-39.
- [8] Kulakovskaya, T. H. 1989. Optimización del sistema agroquímico de nutrición edafológica de las plantas. *Urozhay, Minsk, Bielorusia*, 272 p.
- [9] Berdnikov, A. M. 1979. Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en el forraje del lupino amarillo en dependencia de la densidad de siembra. *Boletín VIUA*, 43: 58-59.
- [10] Cogle, A. L., Saffigna, P. G. & Barron, P. F. 1989. The use of 13 CNMP for studies of wheat straw decomposition. *Plant and Soil*, 113(1): 125-128.
- [11] Stroo, H. F., Bristow, K. L. & Elliott, L. F. 1989. Predicting rate of wheat residue decomposition. *SoilScienceSociety of American Journal*, 53(1): 91-99.
- [12] Stoskopf, N. C. 1986. Crop residues. *Cereal grain crops*, Virginia, Reston, pp. 231-235.
- [13] Rebole, A., Alvira, P. & González, G. 1989. Variation of chemical composition data of agricultural and forest fibrous by-products as determined by two detergent systems of analysis. *J. of the Science of Food and Agriculture*, 48(2): 141-153.
- [14] Cherepanov, G. G. 1991. El papel de los residuos postcosecha en la agricultura conservadora del suelo. *Boletín VNIITEI, Agroprom, Moscú, Rusia*, pp. 11-13.
- [15] Gataulina G. G. 1992. La acumulación de nitrógeno y la actividad fotosintética del lupino blanco (*Lupinus albus L.*) en el proceso del periodo vegetativo. *Academia Agrícola de Moscú Timiriazev*, 3: 3-15.
- [16] Kravtsov, I.F. 1992. *Lupinus angustifolius L.* variedad Danko. *Xhoziain, Polymia, Minsk, Bielorusia*, 11: p. 7.
- [17] Stankov, N.Z. 1964. El sistema radicular de los cultivos de campo. Moscú, Rusia. 228 p.
- [18] Pequeño-Pérez, J. 1984. *Agricultura tropical*. Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia, Moscú, Rusia. 387 p. Pequeño-Pérez, J. 1984. *Agricultura tropical*. Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia, Moscú, Rusia. 387 p.
- [19] Yagodin, B. A. 1989. *Agroquímica*. Agropromizdat, Moscú, Rusia, 462 p.